

## Friction stir welding

**Patent number:** JP9508073T

**Publication date:** 1997-08-19

**Inventor:**

**Applicant:**

**Classification:**

- **International:** B23K20/12; B29C65/06

- **European:** B23K20/12E6D; B29C65/06C

**Application number:** JP19950525109T 19950105

**Priority number(s):** WO1995NO00005 19950105; NO19940001144  
19940328; NO19940002790 19940727

**Also published as:**

- WO9526254 (A1)
- EP0752926 (A1)
- US5813592 (A1)
- FI963889 (A)
- EP0752926 (B1)

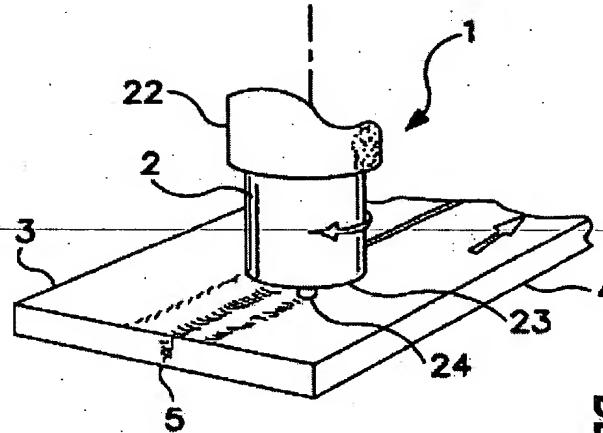
[more >>](#)

[Report a data error](#)

Abstract not available for JP9508073T

Abstract of corresponding document: **US5813592**

PCT No. PCT/NO95/00005 Sec. 371 Date Sep. 26, 1996 Sec. 102(e) Date Sep. 26, 1996 PCT Filed Jan. 5, 1995 PCT Pub. No. WO95/26254 PCT Pub. Date Oct. 5, 1995 The present invention relates to a method of friction welding for joining of members and more particularly to so-called friction stir welding based on a relative rubbing movement between a probe of harder material and members to be joined. The present invention also is directed to an improved tool to be applied in the friction welding process.



Data supplied from the **esp@cenet** database - Worldwide

**BEST AVAILABLE COPY**



US005813592A

**United States Patent** [19]  
Midling et al.

[11] Patent Number: **5,813,592**  
[45] Date of Patent: **Sep. 29, 1998**

[54] **FRICITION STIR WELDING**

[75] Inventors: Ole Terje Midling; Edward James Morley, both of Kopervik; Anders Sandvik, Skjold, all of Norway

[73] Assignee: The Welding Institute, Cambridge, England

[21] Appl. No.: 718,590

[22] PCT Filed: Jan. 5, 1995

[86] PCT No.: PCT/NO95/00005

§ 371 Date: Sep. 26, 1996

§ 102(e) Date: Sep. 26, 1996

[87] PCT Pub. No.: WO95/26254

PCT Pub. Date: Oct. 5, 1995

[30] **Foreign Application Priority Data**

Mar. 28, 1994 [NO] Norway ..... 941144  
Jul. 27, 1994 [NO] Norway ..... 942790

[51] Int. Cl. 6 ..... B23K 20/12

[52] U.S. Cl. ..... 228/112.1; 228/2.1; 156/73.5;

156/580

[58] Field of Search ..... 228/112.1, 196,  
228/2.1, 51, 55; 156/73.5, 580; 407/1, 119,  
34; 409/182; 144/240, 241

[56] **References Cited**

## U.S. PATENT DOCUMENTS

1,801,035 4/1931 Carter ..... 144/241  
3,949,896 4/1976 Luc ..... 220/75  
4,144,110 3/1979 Luc ..... 156/73.5  
4,260,094 4/1981 Stroo ..... 228/112.1  
4,593,734 6/1986 Wallace ..... 407/34

5,460,317 10/1995 Thomas et al. ..... 228/112.1

## FOREIGN PATENT DOCUMENTS

26 56 017 6/1978 Germany .  
55-73490 6/1980 Japan .  
001393567 5/1988 U.S.S.R. .  
572 789 10/1945 United Kingdom .  
1 567 135 5/1980 United Kingdom .  
WO93/10935 6/1993 WIPO .

## OTHER PUBLICATIONS

Abstract, JP 57-149082, 1982.

Abstract, JP 61-176484, 1986.

P. Drews et al., "The Connecting of CrNi-Steel To Aluminum and AL Alloys by the Friction Welding Process", Industrie-Anzeiger Schweiss-und Schneidtechnik, May 26, 1970, (in German).

S. Elliott et al., "Joining Aluminium To Steel—A review of Mechanisms And Techniques In Friction Welding And Diffusion Bonding", The Welding Institute, Jun., 1979 (pp. 1-26, and Figures).

88-203819/29, DNEPR Pipe Rolling Works, SU-1362-593A, Jun. '88, Derwent Publ.

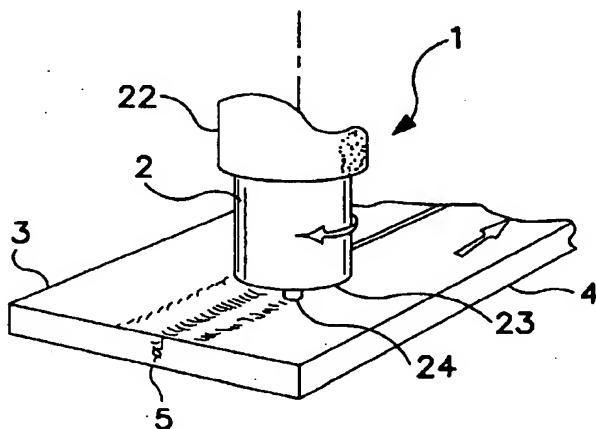
89-199319/27, DNEPR Metal Inst, SU 1433-522A, Aug. 89, Derwent Publ.

Primary Examiner—Samuel M. Heinrich  
Attorney, Agent, or Firm—Martin M. Novack

[57] **ABSTRACT**

The present invention relates to a method of friction welding for joining of members and more particularly to so-called friction stir welding based on a relative rubbing movement between a probe of harder material and members to be joined. The present invention also is directed to an improved tool to be applied in the friction welding process.

18 Claims, 3 Drawing Sheets



BEST AVAILABLE COPY

(19)日本国特許庁 (JP)

## (12) 公表特許公報 (A)

(11)特許出願公表番号

特表平9-508073

(43)公表日 平成9年(1997)8月19日

(51) Int.Cl.  
 B 23 K 20/12  
 // B 29 C 65/06

識別記号  
 7820-4E  
 7639-4F

府内整理番号

F I  
 B 23 K 20/12  
 B 29 C 65/06

A

審査請求 有 予備審査請求 有 (全14頁)

(21)出願番号 特願平7-525109  
 (86) (22)出願日 平成7年(1995)1月5日  
 (85)翻訳文提出日 平成8年(1996)9月27日  
 (86)国際出願番号 PCT/NO95/00005  
 (87)国際公開番号 WO95/26254  
 (87)国際公開日 平成7年(1995)10月5日  
 (31)優先権主張番号 9411144  
 (32)優先日 1994年3月28日  
 (33)優先権主張国 ノルウェー(NO)  
 (31)優先権主張番号 942790  
 (32)優先日 1994年7月27日  
 (33)優先権主張国 ノルウェー(NO)

(71)出願人 ザ ウエルディング インスティテュート  
 イギリス国, シーピー1 6エイエル, ケ  
 ンブリッジ, アピントン, アピントン ホ  
 ール(番地なし)  
 (72)発明者 ミドリング オレ テルジエ  
 ノルウェー国, 4250 コーベルヴィク, イ  
 ヴァール アセンヴェグ 26番地  
 (72)発明者 モーリー エドワード ジェイムス  
 ノルウェー国, 4250 コーベルヴィク, ノ  
 ードストーケ(番地なし)  
 (74)代理人 弁理士 山本 恵一

最終頁に続く

(54)【発明の名称】摩擦攪拌溶接

## (57)【要約】

摩擦攪拌溶接の改善された方法は、部材の表面に沿って垂直な力を形成された可塑性の材料に加え、可塑性の材料をプローブの後ろで凝固させる垂直な方向のプローブピンに沿って材料を同時に流出させることにより、近接の組み立てられる材料の縦方向の延長部材に垂直に可塑性の材料を強力に流出させることに基づいている。非消耗性のプローブ(1)はねじ状の表面構造を有した取替可能なピン(24)を有する凹面の底面部分(23)を備えており、二個以上の横方向に突き出たブレードを備えた好みの実施態様から成る。

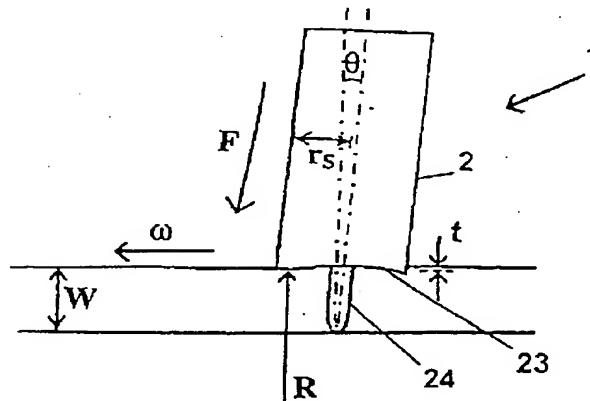


Fig. 3

## 【特許請求の範囲】

1 特に押し出し成形組立構造を接合するためであり、組み立てられる部材を互いに向くようにして固定する段階と、摩擦熱を発生する回転運動のもとで接合部材の材料より硬い材料のプローブを接合ラインに沿って組み立てられる部材に差し込む段階と、それにより近接部材の材料に可塑領域を作る段階からなる部材の摩擦攪拌溶接法であって、更に部材の表面に沿って垂直な力を形成された可塑性の材料に加え、可塑性の材料をプローブの後ろで凝固させる垂直な方向のプローブピンに沿って材料を同時に流出させることにより、近接の組み立てられる部材の縦方向の延長部材に垂直に可塑性の材料を強力に流出させて形成された溶接の継ぎ目を均質にすることを特徴とする摩擦攪拌溶接法。2 プローブの底面部分(23)が溶接表面に対し垂直から若干傾斜して接合される部材の近接表面と係合していることを特徴とする請求項1に記載の方法。3 プローブピン(24)の外側構造により溶接領域を通り可塑性の材料が垂直及び横方向に流出することを特徴とする請求項1又は2に記載の方法。4 二個以上の部材がT型の溶接接合をなすように溶接されることを特徴とする前記の請求項のいずれか1つに記載の方法。5 形成された溶接の継ぎ目が重なり溶接接合であることを特徴とする請求項1から3のいずれか1つに記載の方法。6 形成された溶接の継ぎ目が実質的に互いにいかなる角度でも配置された二つの部材を接続する角の溶接であることを特徴とする請求項1から3のいずれか1つに記載の方法。7 動力源に接続された上側部分(22)とピン(24)を備えた底面部分(23)を有し、回転しほぼ円筒形の本体(2)を備えた部材の攪拌摩擦溶接用非消耗プローブ(1)であつて、該プローブの底面部分(23)が凹面を有しており、取り付けられたピン(24)がねじ状の表面構造を示すプローブの取り替え可能な部分であることを特徴とする攪拌摩擦用非消耗プローブ。8 ピンがピンの中央部分から横方向に突き出ており垂直に配置されたブレードの組を少なくとも1つ有していることを特徴とする請求項7に記載のプローブ。

## 【発明の詳細な説明】

摩擦攪拌溶接 本発明は(金属)部材を接合するための摩擦溶接法に関し、より詳細にはより硬い材料から成るプローブと接合される部材との間で行う相対的な摩擦運動に基づくいわゆる摩擦攪拌溶接に関する。本発明は更に摩擦溶接過程で使用される改善された道具にも関している。十分な量の熱を発生するため接合される物体に対し“摩擦”の原理に基づく摩擦溶接、即ち近接表面内に可塑状態を作ることは周知であり数十年間使用されている。摩擦熱は接合される二つの成分により単独に発生する。しかし、これにより生ずる溶接の継ぎ目は使用された該過程で多数の好ましくない事を受ける。摩擦溶接の適応性をかなり制限する主な欠点は溶接される

少なくとも一つの成分を軸対称にする必要がある事である。従って、この種の過程は例えば縦方向に連結した溶接を用意する事が必要な構造の応用に使用することができない。この溶接を改善した溶接、いわゆる摩擦攪拌溶接はW093/10935により知られている。処理されるワークよりも硬い材料のプローブ(サードボディ)が溶接過程で使用されている。摩擦攪拌溶接は該プローブと該ワークとの間で相対的に周期的に動かし、該プローブとワークと一緒にし発生した摩擦熱によりワーク領域内に可塑性の領域を作り、該相対的な周期運動を止め、該可塑性の材料を凝固させる事に基づいている。このように、接合されるワーク間の相対的な動きによっては熱は発生しない。この方法は種々のワーク材料(プラスチック、金属)、応用(クラック、シーリング、接合の修理)及び使用されたプローブの実施態様の幾つかの例により説明されている。前述の開示された方法と装置は押し出し成形された構造を重要な応用に用いる構造内に接合するため使用する時、構造体の部品に対するボイド及び特有な冶金的なボンディングのない完全性の高い溶接に対する要望と、重なった配置で溶接を行う要求のいずれも満たすことができない。溶接金属に特有な圧密を与えるため、プローブの底面部分(肩)は接合される部材の表面と密接な接触を有し全ての溶接動作(前進運動)の間保持する必要がある。この前進運動の間該肩が一時的に該表面から“離れる”ならば、追い出された材料の後ろの空間を満たすために利用できる材料がないので少量の可塑性の溶接材料は溶接内にボイドを発生させるプローブの後で追い出される。更に従来の技術から知られている“スムースな”溶接プローブを使用する事に關係した他の制限がある、即ち速度の遅い溶接が材料に十分な摩擦熱を与え(プローブと接合される部材の間の接触時間)、可塑性の溶接材料が十分に流れる様にするため必要である。それ故、本発明の目的はボイドの無い完全性の高い溶接を行いスムースな特質の表面を示す改善された摩擦攪拌溶接法を提示する事である。更に本発明の目的は現在知られている摩擦攪拌突き合わせ溶接法を改善し、重ね溶接と三個以上の構成部品の接合構造を与える事である。本発明の更に他の目的は縮小した加熱領域を示す溶接継ぎ目を均質にする新しいタイプのプローブを与える事である。前述及びその他の目的は本発明に従い添付した請求項1から7に記載の摩擦攪拌溶接法及び装置(プローブ)をそれぞれ与える事により実現される。本発明の他の目的及び特別な特徴及び利点は添付した図1から図5に関する好ましい実施態様に対する以下の詳細な記載により明らかになる。

図1は本発明に使用された溶接装置/過程の概略の斜視図であり、図2は二つの成分からなるプローブの構造の拡大断面(部分)図であり、図3は新奇な摩擦攪拌溶接の概略の原理的な特徴を示しており、図4は溶接と回転速度とプローブ上に加えられた圧力の間の最適

な関係を図示しており、図5aから図5eは種々のタイプの溶接継ぎ目の断片的で概略的な斜視図である。図、特に図1に関連し、例えばエンジン（図示していない）である動力源に接続される上側部分22とセパレートピン24が取り付けられた下側部分23とを有した回転円筒体2を備えた非消耗プローブ1は二つの台じり毎に配置された部材（金属プレート）3及び4を接合（溶接）するためにある。適当な摩擦熱を与えるため圧力を加え回転しながら部材3と4の間にプローブ1を挿入することにより、バシットシーム溶接5が台じりの配置された部材に沿って遷移運動する間継続的に行われている。

本発明に基づきプローブの底面部分23（肩）と加えられたピン24の外側の形状（構造）の複合的な二つの部分からなるプローブ1の特別に発明された構造は図2により詳細に示しており、回転円筒体2の底面部分23は凹面の表面を有しており、ピン24の外側の表面は縦軸に沿って交互に出っ張りとへこみのある部分を備えている。例え外側のピンの表面の上に従来のねじ山を適用し溶接の品質を改善する場合でも、該プローブピンの好ましい実施態様においては該表面構造には図に示す様に垂直に配置されピンの中央部分から横方向に突き出た二つ以上の分離したブレード25を都合よく備えている。この新奇なタイプのピンにより与えられる溶接継ぎ目の微細構造は材料の乱れが最小である接合材料の噛み合わせ可塑性セグメントから成る音響接合を示している。従来の周知のプローブであるモノリシックタイプに比較して分離したプローブピンを備えた応用プローブ1の複合的な設計には幾つかの利点がある。一番目に該道具（プローブ）はピン挿入の深さを調整し、その過程を柔軟にすることが出来る。二番目に該ピンの部分は種々の道具のユニット部（肩／ホルダー）の間で容易に取り替えることができ、種々の厚さの壁を有する部材の溶接に適している。摩擦攪拌溶接の該新しい道具及び改善された過程の発明上の特徴は図3に示すプローブ及び溶接動作の概略的な図から容易に理解でき、Wは溶接される部材の厚さを、 $\omega$ は溶接の速度を、Rは凹形のプローブの形の曲率半径を、Fは該プローブに加えられた下方の力（圧力）を、 $r_s$ はプローブの肩の半径を、tは溶接された材料の中に入る肩の“アンダーカット”を示している。前述のピン24のねじ構造（図示していない）を有した溶接表面に垂直な関係に対し若干傾きを示したプローブ1の凹形の底を有する表面23により、可塑性の材料は溶接領域内で垂直方向及び横方向に動かされ、溶接の側面を通る種々のレベルの間で金属が変形される。プローブの形が凹形であることにより材料の垂直な流れ／遷移により生ずる部材の表面に一定の非対称な圧力が与えられる。ピンの外側の構造により材料の水平

方向の動きと一体であることにより高品質でボイドの無い継ぎ目が得られる。図4は滑らかな表面を有し音響ボイドの無い溶接を行う種々の回転速度におけるプローブに加えられた下向きの圧力F/ $\pi (r_s)^2$ 、N/mm<sup>2</sup>と実際の溶接速度 $\omega$ （mm/m in）の間の最適な関係を概略的に示している。最適な圧力／溶接速度の実際の値は幾つかのファクタ、例えば接合部材の材料（A1-合金）、肩の形状等により左右される。種々の直径を有したプローブで行った幾つかの溶接の試行により、接合部材の実際の壁の厚さに關係したプローブの肩の直径を少なくすることは溶接速度を増加させる可能性の他に、得られた接合／継ぎ目の品質に有益な効果を有していることが示されている。このように、合金6082.50の3mmの厚さの平らな押し出しの接合に適用されるプローブの肩の直径を20mmから15mmに、更に10mmに減少させることにより、縮小されたHAZ（加熱領域）を示し高品質な穴無し溶接を実現する溶接速度を0.3m/m inから0.8m/m inに増加することができた。これは熱の入力が減少したことと、溶接速度を増加させるため形成された継ぎ目の近くに向かい中心を合わせることと、歪みの無い溶接構造体に生じプローブの上に加えられる下向きの力が減少したことを組み合わせた結果である。プローブの肩の半径（ $r_s$ ）と溶接された部材の壁の厚さWの間の最適な関係を定める簡単な式は次の様になる： $5(W/2) \geq r_s \geq (W/2)$  プローブの材料は接合されるワーク／部材より硬い。典型的にはアルミニウム（合金）に応用する場合、該材料は上昇した温度で良好な強度を示し、例えば熱間加工スチール、高速スチール又はサーメット材料を使用することができる。図5aから図5eは本発明による方法及びプローブにより与えられる種々のタイプの溶接の断片的な斜視図を概略的に示している。図5aは従来の突き合わせ溶接を示しており、図5bは二つの部材の間のT型組立接続を示しており、図5cは重ね溶接継ぎ目である。図5dは三つの部材を組み立てたT型組立の他の形を示しており、最後に図5eは互いに垂直な平面に配置された二つの部材の間の角溶接を図示している。このように本発明による新奇で改善された道具のタイプを応用することにより摩擦熱を十分発生しながら溶接の速度を増すことができる。この効果は溶接材料の単位体積当たりの接触／加熱時間が増えたこと、及び溶接ラインに沿って発生した熱の局所化が進んだことにより得られている。更に、より本質的な鍛造力（圧力）が溶接プローブを動かす時材料に加えられる。前述の効果を最適に組み合わせると溶接全体の断面を通してポロシティを示さない均質な溶接により冶金的及び機械的特性の両方に關し高品質の溶接が得られる。

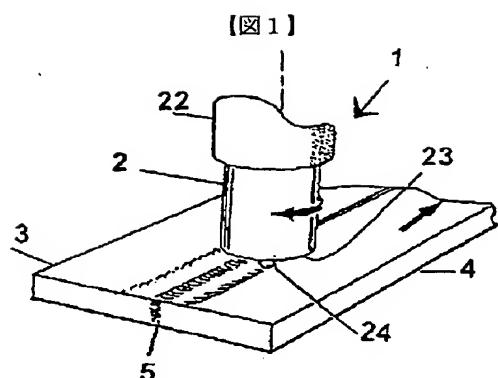


Fig. 1

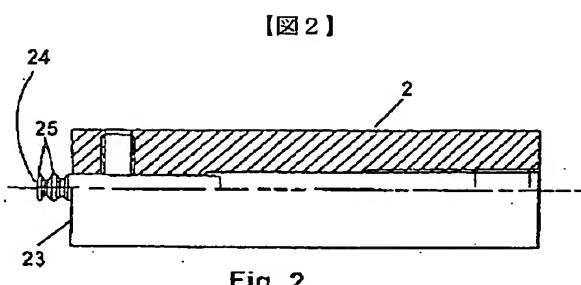


Fig. 2

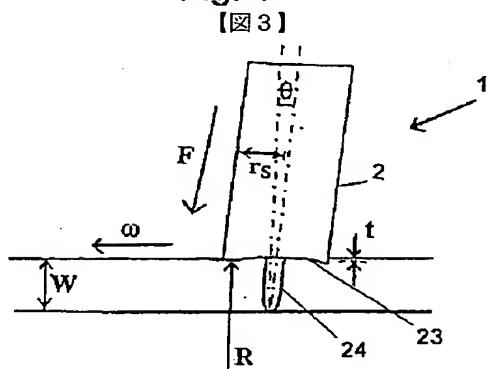


Fig. 3

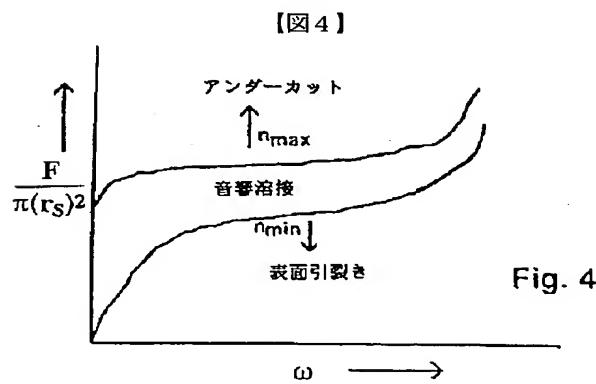
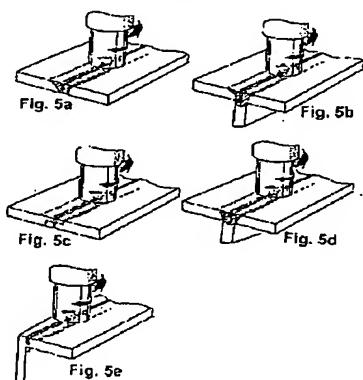


Fig. 4



BEST AVAILABLE COPY

## 【国际調査報告】

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/NO 95/00005

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER		
IPC6: B23K 20/12, B29C 65/06 According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC.		
B. FIELDS SEARCHED		
Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)		
IPC6: B23K, B29C		
Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched		
SE, DK, FI, NO classes as above		
Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)		
WPAT, CLAIMS, WELDASEARCH		
C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	WO 9310935 A1 (THE WELDING INSTITUTE), 10 June 1993 (10.06.93) -----	1-8
<input type="checkbox"/> Further documents are listed in the continuation of Box C. <input checked="" type="checkbox"/> See patent family annex.		
* Special categories of cited documents "A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance "B" earlier document but published on or after the international filing date "L" document which may throw doubt on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified) "O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means "P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed		
Date of the actual completion of the international search		Date of mailing of the international search report
11 July 1995		13-07-1995
Name and mailing address of the ISA/ Swedish Patent Office Box 5055, S-102 42 STOCKHOLM Facsimile No. +46 8 666 02 86		Authorized officer  Bertil Dahl Telephone No. +46 8 782 25 00

BEST AVAILABLE COPY

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

29/05/95

International application No.

PCT/NO 95/00005

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)		Publication date
WO-A1- 9310935	10/06/93	AU-B-	658950	04/05/95
		AU-A-	1016495	30/03/95
		AU-A-	2952892	28/06/93
		CA-A-	2123097	10/06/93
		EP-A-	0615480	21/09/94
		EP-A-	0653265	17/05/95

BEST AVAILABLE COPY

---

フロントページの続き

(81)指定国 EP(AT, BE, CH, DE,  
DK, ES, FR, GB, GR, IE, IT, LU, M  
C, NL, PT, SE), OA(BF, BJ, CF, CG  
, CI, CM, GA, GN, ML, MR, NE, SN,  
TD, TG), AP(KE, MW, SD, SZ), AM,  
AT, AU, BB, BG, BR, BY, CA, CH, C  
N, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, GB, GE  
, HU, JP, KE, KG, KP, KR, KZ, LK,  
LR, LT, LU, LV, MD, MG, MN, MW, M  
X, NL, NO, NZ, PL, PT, RO, RU, SD  
, SE, SI, SK, TJ, TT, UA, US, UZ,  
VN

(72)発明者 サンドヴィク アンデルス  
ノルウェー国, 5474 スクジョルド, ヴェ  
ストレ (番地なし)

BEST AVAILABLE COPY